

中华人民共和国国家标准

GB/T 31930—2015/ISO 13314:2011

金属材料 延性试验 多孔状和蜂窝状金属压缩试验方法

**Metallic materials—Ductility testing—
Compression test for porous and cellular metals**

(ISO 13314:2011, Mechanical testing of metal—Ductility testing—
Compression test for porous and cellular metals, IDT)

2015-09-11 发布

2016-06-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准使用翻译法等同采用 ISO 13314:2011《金属的机械试验 延性试验 多孔状和蜂窝状金属的压缩试验》(英文版)。

本标准中规范性引用的国际文件有一致性对应关系的我国文件如下：

——GB/T 12160 单轴试验用引伸计的标定(GB/T 12160—2002,ISO 9513:1999, IDT)；

——GB/T 16825.1 静力单轴试验机的检验 第1部分：拉力和(或)压力试验机测力系统的检验与校准(GB/T 16825.1—2008,ISO 7500-1:2004, IDT)。

本标准做了下列编辑性修改：

——为与现有标准保持一致,将标准名称改为《金属材料 延性试验 多孔状和蜂窝状金属压缩试验方法》；

——为了便于使用标准中的符号,增加了第5章“符号和说明”,后续章条顺延。

本标准由中国钢铁工业协会提出。

本标准由全国钢标准化技术委员会(SAC/TC 183)归口。

本标准起草单位：湖北出入境检验检疫局、武汉钢铁(集团)公司、浙江宏驰机械仪器制造有限公司、深圳万测试验设备有限公司、东南大学、江汉大学文理学院。

本标准主要起草人：张春亚、李荣锋、陈津、安建平、何思渊、关树萍、李继高、李智、张国辉、戴戈、丁志尧、梁昊、张剑锋。

引 言

多孔状和蜂窝状金属因其独特的胞状孔结构特征,具有优异的多功能复合特性,包括轻质、冲击能量吸收等,在汽车碰撞、机械阻尼、轻质结构件等方面有着广阔的应用前景。在工业设计过程中,其抗压性能是须考虑的重要指标,但多孔状和蜂窝状金属变形行为不同于传统致密金属,故现有传统致密金属材料的测试方法不适用于多孔状和蜂窝状金属。因此,建立多孔状和蜂窝状金属材料的压缩性能标准化测试方法势在必行。

金属材料 延性试验

多孔状和蜂窝状金属压缩试验方法

1 范围

本标准适用于具有 50% 或更高孔隙度的多孔状和蜂窝状金属,利用压缩试验方法测定压缩强度第一峰值、平台应力、平台结束点、吸收能量、吸收能量效率、准弹性梯度、弹性梯度、规定压缩应力及规定抗压强度等特征值。压缩试验是在室温下进行的准静态应变试验。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

ISO 7500-1 金属材料 静力单轴试验机的检验 第 1 部分:拉力和(或)压力试验机 测力系统的检验与校准(Metallic materials—Verification of static uniaxial testing machines—Part 1: Tension/compression testing machines—Verification and calibration of the force-measuring system)

ISO 9513 金属材料 单轴试验用引伸计的标定(Metallic materials—Calibration of extensometer systems used in uniaxial testing)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

压缩应力 compressive stress

σ

试验过程中施加于试样的实际压缩力(F)与其原始横截面积(S_0)的比值:

注:压缩应力单位用牛每平方米(N/mm^2)表示。

3.2

压缩应变 compressive strain

e

在压缩应力作用下,试样受力后的原始标距段变形量(ΔL)与试样原始标距(L_0)之比的百分率。

注:压缩应变用百分比(%)表示。

3.3

压缩强度第一峰值 first maximum compressive strength

压缩强度第一峰值对应于压缩应力-应变曲线中第一个最大应力值(见图 1)。

注:压缩强度第一峰值不一定是整个试验过程中的最大应力值。

3.4

平台应力 plateau stress

σ_{pl}

在 0.1% 应变处对应的压缩应力值或 20%~30% 的压缩应变区间的压缩应力平均值,或 20%~

GB/T 31930—2015/ISO 13314:2011

40%的压缩应变区间的压缩应力平均值(取决于平台端间应变)(见图1)。

注:压缩应变区间20%~30%或20%~40%的压缩应力算术平均值的差异取决于平台两端之间应变。

3.5

平台结束点 plateau end

e_{ple}

压缩应力-应变曲线中对应1.3倍平台应力的压缩应力值(见图1)。

注:如果该点不能充分表示平台应力的结束,应根据相应的跟踪曲线适当选择另一个压缩应力值作为代替(见8.4)。

3.6

吸收能量 energy absorption

w

压缩应力-应变曲线中0~50%应变处或平台结束点(e_{ple})处的区域积分所得的能量值。

注:零到其他的应变区域也可以测定吸收能量(见8.7)。

3.7

吸收能量效率 energy absorption efficiency

w_e

所吸收能量除试样在应变范围内的最大压缩应力与相对应压缩应变乘积。

3.8

准弹性梯度 quasi-elastic gradient

压缩应力-应变曲线初始阶段线性变形区的线性梯度。

注:准弹性梯度不是材料的弹性模量(见图1),该值是可选择性特征值,它是用于确定零点附近的压缩应变[见图2a)]。

3.9

弹性梯度 elastic gradient

弹性梯度是线弹性阶段 σ_{70} 和 σ_{20} 之间加载和卸载时的斜率。

注1:其中 σ_{70} 和 σ_{20} 分别对应于70%和20%的平台应力(σ_{pl})

注2:弹性直线对应于磁后回线中的割线,发生在卸载和后续加载过程中(见图1)。弹性梯度表示具有一定孔隙度多孔状和蜂窝状金属材料的刚度,而不是表示材料在压缩变化过程中的弹性模量。弹性梯度是可选择性特征值,可用于确定零点附近的压缩应变[见图2b)]。

3.10

规定压缩应力 compressive offset stress

除非另有规定,在0.2%应变处所对应的处于塑性压缩应变阶段的压缩应力。

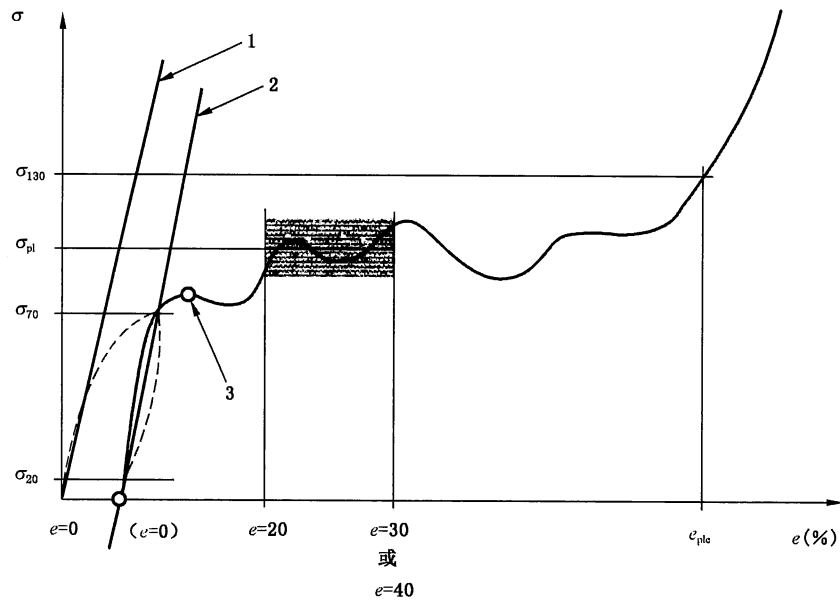
注:塑性应变取决于准弹性梯度[见图2a)],0.2%应变处规定压缩应力为可选择性特征值,它可以用来表示抗压屈服强度。

3.11

规定抗压强度 compressive proof strength

除非另有规定,试样塑性压缩应变至1.0%时的压缩应力。

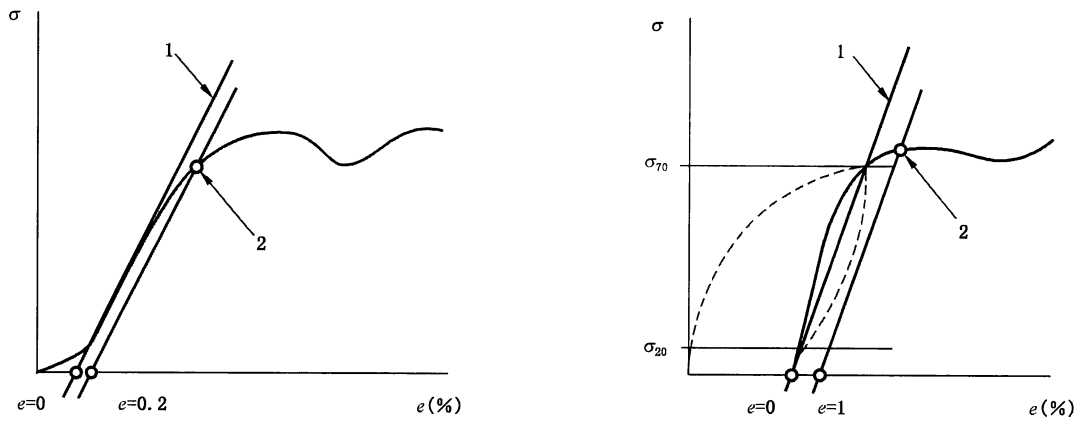
注:塑性应变取决于弹性梯度[见图2b)]。规定抗压强度是可选择性特征值,它可以用来表示抗压屈服强度。



说明：

- 1——准弹性梯度；
- 2——弹性梯度；
- 3——压缩强度第一峰值。

图 1 多孔状和蜂窝状金属压缩试验时的应力-应变曲线



a) 准弹性梯度和规定压缩应力

说明：

- 1——准弹性梯度；
- 2——规定压缩应力。

b) 弹性梯度和规定抗压强度

说明：

- 1——弹性梯度；
- 2——规定抗压强度。

图 2 多孔状和蜂窝状金属压缩试验过程中可选择性特征值的应力-应变曲线

4 原理

本试验是评估多孔状和蜂窝状金属压缩性能的方法。压缩试验在具有恒定横梁位移速率控制功能的试验机上进行测试，压缩应力和压缩应变的测量分别来自于试样所承受的作用力和压缩位移。

5 符号和说明

本标准所用符号和相应的说明见表 1。

表 1 符号和说明

类型	符 号	说 明	单 位
试样	W_0	试样原始宽度	mm
	D_0	试样原始直径	mm
	d_a	试样平均孔隙直径	mm
	H_0	试样原始高度	mm
	L_0	试样原始标距	mm
	S_0	试样原始横截面积	mm ²
力	F	实际压缩力(无侧向约束的试验)	N
应力	σ	压缩应力	N/mm ²
	σ_0	压缩应变上限对应的压缩应力	N/mm ²
	σ_{pl}	平台应力	N/mm ²
应变	e	压缩应变	%
	e_{ple}	平台结束点	%
	e_0	压缩应变上限	%
变形	ΔL	原始标距段受力后的变形量	mm
能量	w	吸收能量	MJ/m ³
	w_e	吸收能量效率	%

6 试验设备

6.1 试验机

试验机应符合 GB/T 16825.1 的规定,并且准确度等级为 1 级或优于 1 级。试验机应在横梁位移速率恒定条件下进行准静态压缩试验。

6.2 压缩装置

压缩装置是用于给试样施加压缩力,由一对平行的抛光压板组成。上下压板的中心线需与试验机的中心线一致,压板的表面应作镜面抛光处理,压板受压面的硬度至少为 60 HRC。试验时压板表面根据需要可以涂上润滑油。

6.3 压缩应变测量装置

压缩应变可由引伸计测得或者由两个平行压板间的位移计算得出。

在测量弹性梯度以及规定抗压强度试验时,应使用安装于压板上或直接安装于试样表面的引伸计测量压缩应变。另外,也可以采用光学引伸计进行测量。在相关范围内,引伸计的准确度级别应不低于 GB/T 12160 规定的 1 级。

7 试样

7.1 试样形状与尺寸

压缩试验的试样为圆柱形试样或矩形试样(见图 3),推荐使用圆柱形试样。矩形试样截面宽度(W_0)和圆柱形试样直径(D_0)应当至少为 10 倍的平均孔隙直径(d_a),且不少于 10 mm。圆柱形试样的高度与直径比(H_0/D_0)或矩形试样的高度与宽度比(H_0/W_0)应在 1~2 之间。测量试样截面的平均孔隙尺寸(例如:球形孔隙称为直径、非球形孔隙称为轴向和横向尺寸)时,在试验报告中应记录试样的形状与尺寸,同时还要记录孔隙的类型(如开孔或闭孔)。

对于闭孔型的泡沫金属材料,在进行切削加工时,孔隙的大小和分布情况都要详细的进行检查和记录,同时应测量被切割金属材料平均孔隙尺寸。

7.2 试样的数量

试样的数量应不少于 3 个,建议至少 5 个。另外,对弹性梯度的测量及平台应力的初步估计需要应用到一个试样。

7.3 试样制备

在切取样坯和机加工制样时,试样应能反应出材料的物质结构。在任何情况下,通过切割、铣削、车削以及电火花等加工方法制备试样时,应采取措施防止因冷加工或热加工的影响而改变材料的性能。

试验过程中试样与压板接触的面应平行,其他切削表面必须垂直于接触表面。所有试样加工后其切削表面及棱边应当无毛刺、无倒角。

一般情况下,对泡沫金属而言,试样外表皮部分要切削除去,表面上不应有划痕等损伤。如果对带有外表皮的试样进行试验,应在试验报告中记录。

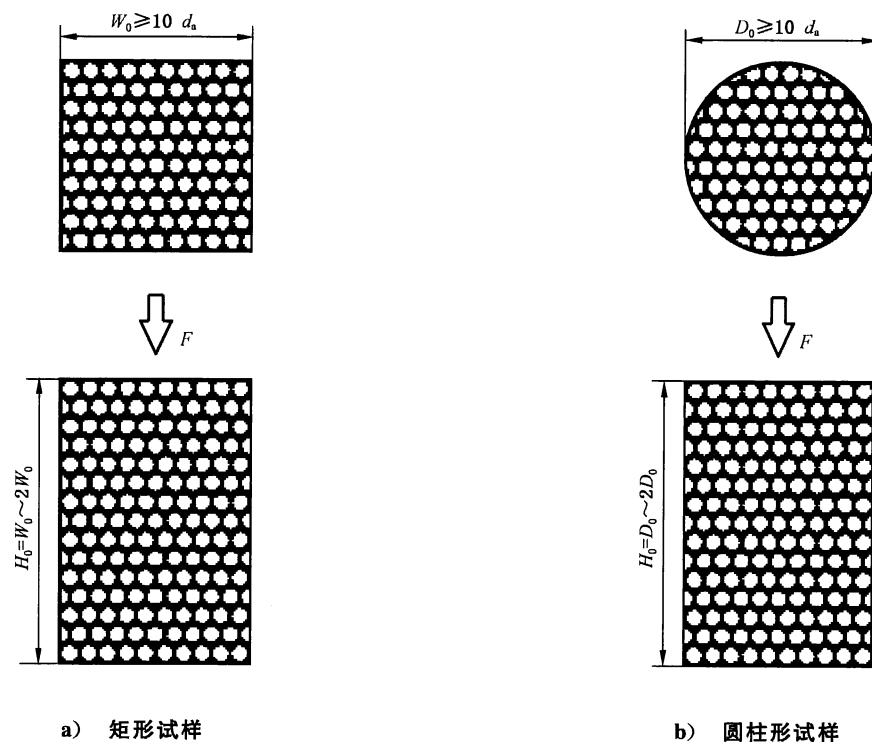


图 3 试样的图解示例

8 试验程序

8.1 试验温度

除非另有规定,试验一般在环境温度为 10 °C~35 °C 范围内进行。对温度要求严格的试验,试验温度应为 23 °C±5 °C。

8.2 试样尺寸测量

矩形试样高度和宽度,须在试样原始标距中点处测量;圆柱形试样须在原始标距中点处两个相互垂直的方向上测量直径,取其算术平均值(测量精确到 0.1 mm);根据其算术平均值计算试样的原始横截面积。

建议至少选择 3 个以上的测量点进行测量。

8.3 试验速度

压缩试验应在恒定横梁位移速率条件完成。通过横梁位移速率计算获得初始应变率,初始应变率应控制在 0.001/s~0.01/s 范围内。试验时压缩速度或初始应变率应记录在测试报告中。

8.4 试验的一般要求

试样应放置在试验机的两压板之间,同时试样的轴线与上下压板压力的中心线吻合。

在压缩试验时,每个试样的力-位移曲线都要作记录,结合此曲线根据第 3 章的术语和定义来确定试样的特征值。

数据采集频率至少为 30 Hz。压缩过程中,当达到总应变量的 5%或抗压强度对应变二者较大值时,数据采集频率可以减少到最低 10 Hz。

如果平台结束时还没有反映出平台应力的范围,根据相应的跟踪曲线,将选取另一个可选择性特征值作为代替,并记录在测试报告中,该可选择性特征值能完全反映本次压缩试验的结束。

8.5 预试验和卸载试验

测量弹性梯度时,为了估算平台应力的范围,应先进行预试验,该平台应力用来决定滞后回线的开始点和反转点位置。

滞后回线的开始点在平台应力的 70%处,反转点在平台应力的 20%处,平台应力的范围由预试验确定。

8.6 压缩应变的零点

压缩应变的零点取决于直线与轴的交点,其交点分别对应于准弹性梯度直线或弹性梯度直线与压缩应变轴上的交点(见图 1)。

8.7 吸收能量和吸收能量效率

吸收能量和吸收能量效率分别按照公式(1)和公式(2)进行计算:

$$w = \frac{1}{100} \int_0^{e_0} \sigma de \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$w_e = \frac{w}{\sigma_0 \times e_0} \times 10^4 \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

w ——吸收能量，单位为兆焦每立方米(MJ/m³)；

w_e ——吸收能量效率，以百分数(%)表示；

σ ——压缩应力，单位为牛每平方米(N/mm²)；

e_0 ——压缩应变上限，以百分数(%)表示；

σ_0 ——压缩应变上限对应的压缩应力，单位为牛每平方米(N/mm²)。

推荐的压缩应变上限值为50%的压缩应变值或者为平台结束点应变值 e_{ple} (见图1)。当然，也可以采用其他的压缩应变上限值，具体情况应记录于试验报告中。

9 试验报告

9.1 一般信息

试验报告应包括以下信息和内容：

- a) 本标准名称及编号；
- b) 试样的详细描述，包括类型、来源、标识、材料名称及性质；
- c) 材料的性能和形态，包括密度、孔隙度、孔隙类型(开孔或闭孔)和平均孔隙大小(球形孔隙称为直径、非球形孔隙称为轴向和横向尺寸)；
- d) 试样形状和尺寸，高度与直径比(H_0/D_0)或高度与宽度比(H_0/W_0)；
- e) 试样的数量；
- f) 试验条件(温度、润滑等)；
- g) 压缩速度用 mm/min 表示(压缩应变速率用 s⁻¹ 表示)；
- h) 试验结果：
 - 1) 平台应力(标明应变的范围，如：20%~30%)；
 - 2) 压缩强度第一峰值；
 - 3) 平台结束点(标明用于确定的方法)；
 - 4) 吸收能量(标明上限应变，如：50%)；
 - 5) 吸收能量效率；
 - 6) 准静态应力-应变曲线。

9.2 可选择信息

试验报告也可以包括以下信息和内容：

- a) 试验机的类型和测量设备的测试精度范围。
 - b) 试样的制备方法。
 - c) 试验结果：
 - 1) 准弹性梯度；
 - 2) 规定压缩压力；
 - 3) 弹性梯度；
 - 4) 规定抗压强度。
 - d) 测试结果的统计分析。
-

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
金 属 材 料 延 性 试 验
多 孔 状 和 蜂 窝 状 金 属 压 缩 试 验 方 法
GB/T 31930—2015/ISO 13314:2011

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 www.spc.net.cn

总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238

读者服务部:(010)68523946

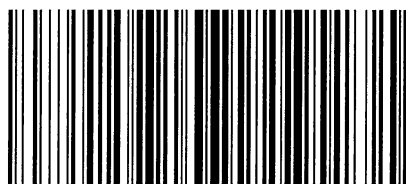
中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 0.75 字数 16 千字
2015年10月第一版 2015年10月第一次印刷

*

书号: 155066·1-52454 定价 16.00 元



GB/T 31930-2015

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107